

「科学的思考」についての一考察

— Piaget の「形式的操作」の観点から —

阪 脇 孝 子

1. 問題

Kuhn & Franklin (2006), Kuhn (2002) では、「科学的思考」を、知識を探索する (knowledge-seeking) ことを意図した目的のある思考と定義し、「科学的理解」とは区別して検討の対象としている。そしてその枠内に位置付けられる課題として、特定の事象の原因となりうるいくつかの要素を変数として取り上げ、その変数のうちの何が真に事象の発生に影響を与えているかということを探索するような種類の課題についてふれている。このような種類の課題は、実験的場면을構成し、仮説を検証するために必要とされるものであり、重要性の高いものであるといえる。

このような課題を扱う際の思考を取り上げた初期の研究として Inhelder & Piaget (1958) があげられる。Inhelder & Piaget (1958) は物の浮き沈みや振り子の振動など様々な事象を取り上げ、対象者にその要因を検討させる課題を実施し、より低次の説明から最高次の発達段階とされる形式的操作期の説明に至るまで思考の発達の变化を検討した。特に形式的操作期は仮説演繹的な思考の成立により特徴づけられている。Kuhn & Franklin (2006), Kuhn (2002) においても、Inhelder & Piaget (1958) の研究はこの分野における開拓的なものとして取り上げられているが、一方で Inhelder & Piaget (1958) が主に「変数を統制するための方略」に焦点を当てており、「科学的思考」の検討においては不十分なものであるとして批判的な扱いをしている。関連して Kuhn & Dean (2005), Kuhn (2007) においても、関連する課題において必要なものは変数の統制だけではないということが強調されている。

確かに、Inhelder & Piaget (1958) では「他の全ての要因を一定にする」(“all other things being equal”)として、特定の要因のみを分離して考え、他の要因を全て一定にして組合せることにより、特定の要因の影響力を探索する方法の有効性を、組合せ操作の発達と関連づけて言及している。しかし、Inhelder & Piaget (1958) において、組合せ操作の方略的な面にのみ焦点を当てているわけではない。Inhelder & Piaget (1958) は組合せ操作を命題操作と合わせて、仮説演繹的な思考の成立のために必要な基盤として考えており、組合せ操作のみ単独で重要視しているわけではない。また組合せ操作を取り上げる場合に「特定の要因を分離する」という方略的な面にのみ焦点を当てているかという点についても、後述のように議論の余地がある。

また、Kuhn & Franklin (2006), Kuhn (2002) では、「科学的な思考」の全体的なプロセスとし

て、「探究」(inquiry)、「分析」(analysis)、「推論」(inference)、「議論」(argument)をあげている。Inhelder & Piaget (1958)では、比較的自由的な実験場面において対象児が実験の道具を扱いつつ、探究するプロセスの描写から各発達段階における思考の特徴を導き出しており、「議論」は扱っていないものの、個人の思考としての「探究」「分析」「推論」に該当するものには、その具体的事例の描写を通じて言及していると思われる。Inhelder & Piaget (1958)による記述を Kuhn & Franklin (2006)、Kuhn (2002)などにより示された科学的思考のプロセスとして関連づけることは可能であろうか。

本稿では、上述のような問題意識に基づき、Kuhn & Franklin (2006)、Kuhn (2002)で示された「科学的思考」の枠組みについて、Inhelder & Piaget (1958)の形式的操作段階を特徴づける仮説演繹的思考の成立の観点から捉えなおす可能性を探り、その観点から研究を進めるための課題について検討を行う。

2. 液体の混合課題における仮説演繹的思考と組合せ操作の関係

Kuhn & Franklin (2006)、Kuhn (2002)によって示された Inhelder & Piaget (1958)に対する批判で、Inhelder & Piaget (1958)が「他の全ての要因を一定にする」という方略に主として焦点を当てていたとする点について再検証を行う。そのために、Inhelder & Piaget (1958)において特に組合せ操作と仮説演繹的思考の成立との関係を中心として取り上げた第7章で扱われている液体の組合せ課題およびその発達段階を紹介し、考察を加える。

Inhelder & Piaget (1958)第7章で扱われている課題は、ある複数の液体を混合することにより色がついたり、透明になったりする状態を対象者に見せ、色の変化に影響を与えている液体を特定する課題で、2つの実験から成る。

実験1では、液体1、液体2、液体3、液体4と液体gの混合を取り上げている。液体1と液体3と液体gを混合すると、液体の色が黄色くなる。液体2は水であり、色の変化に影響を及ぼさないが、液体4を液体1・液体3・液体gの混合物に混ぜると、色が透明になる。実験者は液体1と3の混合物および液体2に液体gを入れ、それぞれ異なる状態になるところを見せる。それから、対象者は、液体1、2、3、4およびその混合（2種類、3種類、4種類全部の混合の可能性が考えられる）とgを用いて、同様に黄色い液体を作るように求められる。

実験2では、Ac（硫酸）、B（苛性ソーダ）とEと名付けられた液体（水）、指示薬（Indicator）を用いた実験を行う。AcやBに水や指示薬を加えるなどし、色が付く場合と付かない場合を確かめ、色の変化に影響を与える要因を説明することが求められる。

これらの課題に対する発達の段階として、段階Iはランダムに2つの要素を組み合わせており、仮説の生成や色の変化に対する適切な証明が見られない段階である。段階IIは、前半と後半に分かれており、前半では単純な組合せを作ることができるが、組織的なものではなく、制約されたものであり、また色が変わる要因として必ずしも適切ではない説明が見られる段階である。後半では、組合せの作り方がより複雑になっていくが、まだ組織的な組合せを用いるわけではない。説明の方法とし

でも組合せの結果色が変化するという認識ではなく、特定の液に色を変える要因があると認識している。段階 III も前半と後半に分かれている。前半では、組織的な組合せの作成が見られ、また説明レベルとしては、色が生じるのはそれらの液体の組合せの結果であるということがわかるようになる。後半では、色を変える要因を証明するために検証する必要がある組合せがより組織的に、早く見出せるようになることが指摘されている。段階 III の記述が、Piaget の発達段階における最高次の段階である形式的操作の段階に該当する。

Inhelder & Piaget (1958) によるこの課題は複数の研究で応用されている。しかし Kuhn & Franklin (2006), Kuhn (2002) によって捉えられたのと同様、組合せ操作の意味は方略として扱われることが多い。社会的相互作用が形式的操作の発達に与える影響を考察した研究を行った Dimant & Bearison (1991) は、5 種類の飴から可能なべき集合をつくる課題を事前テストとして実施した。この課題は、Inhelder & Piaget (1958) 第 7 章の実験 1 の課題におけるすべての液体の混合パターンと類似の形式の組合せ作成を求められる課題である。さらに、社会的相互作用の課題として Inhelder & Piaget (1958) 第 7 章と類似の課題を実施した後、事前テストと同内容の事後テストを実施し、対象者の進歩について考察を行っているものである。事前テストにおける達成度の尺度として、上記 Inhelder & Piaget (1958) 第 7 章の記述における組合せ作成法に準じたレベル分けが行われている。この中で、事前テストの課題は必要な組合せ集合を網羅的に作成できることが最終的な到達点として扱われている。他にも Inhelder & Piaget (1958) 第 7 章の類似課題を用いた研究は Forman & Cazden (1985), Kuhn, Ho, & Adams (1979), Newman, Griffin, & Cole (1989, pp. 32-58) などがある。研究の焦点はそれぞれ異なるものの、結果として効率的な方略による組合せの作成や変数分離の方略と関連づけて液体の混合課題を用いている点ではいずれも共通している。Forman & Cazden (1985) では相互作用場面で液体の混合課題を用い、変数を分離して扱う考え方を持っているかどうか、組合せ方略を用いているかどうかということを検討し、その前後における変数分離課題と組合せ課題の遂行成績の変化を検討している。Newman et al. (1989, pp. 32-58) では、カードを使って組合せを作成する課題における組合せの作り方と、液体の混合課題を用いた社会的相互作用場面の中での液体混合の組合せ方法を比較して論じている。Kuhn et al. (1979) でも、事前テストと事後テストで組合せ（べき集合）などの課題を用い、作成の方略を元にして評価を行っている。事前テストと事後テストの間に実施した液体の混合課題については、色の変化に影響を与えている液体を特定するために特定の変数を取り出したり要因間の組合せを作成して、影響力のない要因と区別しているかどうかなどを評価している。

これに対して、Inhelder & Piaget (1958) 第 7 章の記述を吟味した場合、注意すべき点は 2 点あげられる。第 1 点は、組合せの作成方略と並行して、「何が液体の色の変化に影響を与えているか」ということに関する証明方法や説明レベルが重視されていることである。例えば、発達の段階 II の後半実験 2 の記述のように、色を変化させる組合せの作成には成功するものの、説明付けが不十分であるという記述が見られるのである。この点は全ての発達段階について同様に見られる。さらに、もう

1 点は、発達の最終段階とされる段階 III の後半は、必ずしも組織的方略により組合せを網羅することではなく、液体の色の変化に関する各要因の影響関係を確実にするために反応を試す必要のある液体の組合せを早く見出せることを中心として説明されている点である。

Inhelder & Piaget (1958) の記述に従えば、より低い発達段階においては、特定の組合せで色が変われば満足するかもしれないが、発達の段階 III に入ると、その特定の組合せが、他の組合せ全体でどのような位置づけにあるのかを考察する。第 7 章の液体の混合課題に限定せず、具体的操作期と形式的操作期との違いについて、Inhelder & Piaget (1958) は「可能性」の点から問題を考えられることであるとしている。つまり形式的操作期の前の段階である具体的操作期の思考においては、どのような要因の組合せにより変化が生じたか、という「現実」の問題となるが、形式的操作期の仮説演繹的思考の成立は、ある特定の要因の組合せにより変化が生じたとしても、他の要因間のありうべき組合せ全体（＝「可能性」の面）の中でその特定の要因の組合せがどのような位置にあるのかという点からの考察を行えることが問題なのである。組合せ操作の成立が影響を与えているのは、単純に組合せが作り出せることではなく、特定の事象に影響を与えている可能性のある複数の要因間の組合せ（ここでは液体の組合せ）の全体的構造を把握し、その中で、仮説の証明のために必要な要因の組合せを抽出することと考えられる。液体混合課題と組合せ操作との関係を検討している Dimant & Bearison (1991)、Forman & Cazden (1985)、Kuhn et al. (1979) などにおいては、組合せ操作の持つ意味としてその点が見過ごされているように思われる。Demetriou, Efklides, Papadaki, Papantoniou, & Economou (1993) では、Inhelder & Piaget (1958) が意図した組合せ操作の本来の意味に近い形で組合せの課題を位置づけて、複数要因間の影響を問う課題の理解との関係を検討しているが、実施された組合せ課題の内容そのものは必ずしも組合せの「全体的構造」の把握を問うものとして適当なものであるとはいえない。中垣 (1979) は単独で組合せ操作を取り上げ、組合せ操作の発達基準として作成方略だけではなく、組合せ操作の「概念的理解」の指標を取り上げたように、形式的操作を特徴づける仮説演繹的思考の発達との関連性を考察する場合も、組合せが作成できるかどうかという点からの関連づけではなく、組合せ操作の全体的構造の理解との関連から問題を検討する必要があるといえる。

このように、Inhelder & Piaget (1958) の記述に照らして吟味してみると、組合せ操作の発達と仮説演繹的思考の発達との関連を検討する際、Inhelder & Piaget (1958) が提示した本来の発達段階の考え方としては方略のみに焦点を当てて検討していたわけではないということがわかる。

3. 仮説生成・検証のプロセスと命題操作・組合せ操作

次に、Kuhn & Franklin (2006)、Kuhn (2002) によって示された「探究」「分析」「推論」のプロセスと Inhelder & Piaget (1958) の記述による仮説演繹的思考との関係をどのように考えることができるだろうか。

この問題を検討するために、組合せ操作と合わせて、形式的操作を特徴づける仮説演繹的思考の成

立に必要とされる命題操作の位置づけについて、検討する必要があると思われる。

前述のように、組合せ操作と仮説演繹的思考の成立との間に関連性が見出されるものの、組合せ操作の成立のみにより、仮説演繹的思考の成立が成り立っているわけではない。前述の課題よりも簡易なタイプの液体の混合を例として取り上げ、簡略化した説明を行えば、例えば液体 **x** の色の変化に関して、液体 **a** と液体 **b** の影響を考察する場合、液体 **a** を使って **b** を使わない場合、液体 **a** を使わずに **b** を使う場合、液体 **a** も **b** も使う場合という場合分けを行うこと以外に、そこから生じた結果を解釈することが必要になる。つまり **x** に **a** かつ **b** を混合した場合に色が変わり、**a** を混合して **b** を混合しない場合には色が変わり、**a** を混合せずに **b** を混合した場合に色が変わらないから **b** ではなく **a** が色の変化に影響を与えていることがわかる」という考察が必要になり、ここには命題操作が関与しているといえる。Inhelder & Piaget (1958) では、第 7 章のみではなく、他の章の課題においても形式的操作の思考の成立が命題操作と関連づけて検討されている。上記のような事例は極端に簡略化したものであるが、例えば Inhelder & Piaget (1958) では複数の要因 **a**, **b** が互いに補償関係にある場合など（たとえば、反対の方向に働く 2 つのおもりがあり、一方のおもりの重さの増大が他方のおもりの減少と同様の働きをする場合など）、より複雑な要因間の関係がある場合も、命題操作相互の関係により対象児の思考が説明されているのである。

その点を考慮に入れた上で、Inhelder & Piaget (1958) で検討対象となっている被験者の反応の描写に含まれる要素を取り上げる。再び第 7 章の液体混合課題を例としてあげると、

- (1) 要因の組合せをつくり、その結果から色の変化に影響を与えていると思われる液体について仮説を立てる。
- (2) その仮説を検証するために必要な液体の組合せを考えだし、実験において結果を確認する。
- (3) 引き出された結果を元に仮説が証明されたかどうかを検証する。
- (4) 証明されなかった場合は、別の仮説をたてて、さらにその仮説を証明するために必要な液体の組合せを考え、手続きを繰り返す。

というプロセスの描写が含まれているといえる。

(2) に関しては、より直接的に組合せ操作との関連が見えやすい点であるが、(1) に関しても、前述のように、仮説演繹的思考が「事実」ではなく「可能性」を考慮する思考であることと関係があり、試験的な組合せで生じた結果がまだ検証の余地があるものである（＝可能なすべての組合せの中で、実際に生じた組合せを位置づける）ということを認識するためには組合せ操作の関与が必要であるといえる。また、「可能性のある全ての組合せ」の中から仮説を検証するために必要な組合せを抽出する点については、命題操作が関与しているといえる。Demetriou et al. (1993) は、実験的状況における仮説一証明の能力として、証拠に基づいた仮説の帰納、仮説と一致する決定的な証拠の推論、一連の仮説を統一的なモデルにすること、などをあげている。Inhelder & Piaget (1958) が示した液体混合課題における思考の描写もこれらの要素を含むものであるといえる。

ただし、この内容は発達段階によって可能な説明が異なっている。前操作期（段階 I）では客観性

に基づいた論理的な説明が不可能な段階であるため、上記のようなプロセスが発生しないか、部分的に発生しても円滑には進まないことが考えられる。具体的操作期（段階 II）では、可能なすべての組合せの観点から考えておらず、具体的な事実を元に結論を出す傾向があるため、(1)の段階で必ずしも事実を元にした「仮説」に基づいた考察に至らない場合がある。また形式的操作（段階 III）の中でも前期と後期で論理性の厳密さや確実さに多少の差がある。上記の記述は全体的な記述から中心적と思われる要素を取り出したものであり、これらの点には注意が必要なものである。

Kuhn (2002) によって示された「探究」「分析」「推論」に関する詳細の説明を参照すれば、「探究」の段階は課題の目的を把握し、課題を解決するためにどのような方略を選ぶかが問題となる。「分析」は結論を出すための証拠となる事実の扱いが問題となる。「推論」の段階では証拠により主張が裏付けられなかったり裏付けられたりすることが問題となる。Kuhn (2002) の記述を Inhelder & Piaget (1958) と比較して考えると、Inhelder & Piaget (1958) では、課題の目的に関する認識については必ずしも明確に描写されているとはいえないが、各発達段階における課題の解決方略の明らかな違いは記述されている（前述の発達段階に関する記述参照）。さらに分析・推論はまさに前述の仮説検証のプロセス (1)～(4) と関係するものと思われる。このように Inhelder & Piaget (1958) による記述は、Kuhn (2002) によって詳細が示された「探究」「分析」「推論」のモデルに矛盾するものではないと考えられる。

なお、Kuhn (2002) では個人が用いる方略は単一のものではなく、比較的広い範囲の方略を用い、それが時間を追うにつれ効率的な方略の頻度が増えることを指摘している。Inhelder & Piaget (1958) でも例えば段階 III で最初のうちはより低次な段階でも用いられる方法を使い、それで結果が得られなかった場合は方法を変えるような事例は取り上げられている。しかし Inhelder & Piaget (1958) では個々の場面でどのような方略を用いているかという点よりも、その段階の対象者が到達している論理性のレベルを中心に扱っているといえる。

また Kuhn & Franklin (2006)、Kuhn (2002) では、科学的思考のプロセスに影響を与える要因としてメタレベル的な理解をあげている。Kuhn, Black, Keselman, & Kaplan (2000) では手続的な面でのメタレベル的理解として、複数の要因の影響力に関する正しいメンタルモデルや、要因統制の重要性に対する理解をあげており、この理解と選択される方略のレベルの関係について論じている。ただし、考察に用いられている課題における複数の要因間の関係性は必ずしも複雑なものであるとはいえない。例えば、Kuhn et al. (2000) では建物への洪水の影響を予測する必要がある課題で、要因 1. 水質汚染 (a. 高レベルもしくは b. 低レベル)、要因 2. 水温 (a. 温かいあるいは b. 冷たい)、要因 3. 土壌の深さ (a. 深いあるいは b. 浅い)、要因 4. 土壌の性質 (a. 粘土あるいは b. 砂)、要因 5. 高度 (a. 高いあるいは b. 低い) という複数の要因を提示し、コンピュータプログラムにより要因を組み合わせた結果を検証することにより、影響を与える要因を見出すという課題を用いた実験を行っている。ここでは、2b により洪水の影響が 1 段階大きくなり、3b により洪水の影響が 2 段階大きくなり、4b により洪水の影響が 1 段階少なくなるという条件（この影響は土壌の深さが a. の場合に限る）とい

う課題において考察されている。この課題の理解と前述のようなメタレベル的な理解とが影響関係にあるとしているが、複数の要因間の関係性は比較的限定的なものを扱っているといえる。Kuhn et al. (2000) では結果に対して加法的な影響を与えるモデルが分析の中心で、Kuhn (2002)、Kuhn & Franklin (2006) などでは相互作用的なモデルもあげられているが、後述の Inhelder & Piaget (1958) の課題範囲から考えると充分なものであるとはいえないであろう。

一方で、Inhelder & Piaget (1958) では課題解決の方略は、前述の議論で示されたように、組合せ操作と命題操作が確立されているかどうかにより方向づけられているといえる。つまり、Kuhn & Franklin (2006)、Kuhn (2002) が示した手続的な面でのメタレベル的な理解に位置付けられるのが、組合せ操作と命題操作の理解であると考えられる。また Inhelder & Piaget (1958) の場合、扱う課題は、前述のような液体の混合課題のように比較的要因間の関係が単純なものから、複数の要因の補償関係、天秤ばかりの釣り合い（支点からの距離 おもりの重さが天秤の両側で等しくなった場合に釣り合う）およびそれと類似した構造をもつ、要因間の比例関係が理解できなければ最高次とされる説明レベルには至れないような課題を取り上げている。これら比較的広範囲の課題について、課題解決の際の総合的なプロセスの中で発生した説明レベルが、発達的な段階による差異の点から捉えられており、要因間の関係性がより簡易な場合も複雑な場合も、組合せ操作の理解や命題操作の理解の程度から説明を行っている。説明レベルの捉え方も、Inhelder & Piaget (1958) ではより広い視点から捉えているといえる。Inhelder & Piaget (1958) においては、具体的操作期（段階 II）と形式的操作期（段階 III）のレベルを区別して、実験結果で得られた具体的な対応関係から特定の要因が特定の結果を生み出していると考えことは具体的操作期においても可能な場合があるが、形式的操作期では前述のように「可能性」の点を考慮に入れて仮説的演繹的に考えたり、より厳密に複雑度の高い要因間の関係を説明したりすることができると考えている。一方で Kuhn et al. (2000) などによって扱われている課題とその理解の分析は、Inhelder & Piaget (1958) による具体的操作期の解決と形式的操作期の解決の違いを十分に区別しているとはいえない面がある。

つまり、以上の検討により、Inhelder & Piaget (1958) は、実際に課題解決の際に使用される方略を裏付けるような理解の基盤を想定し、また Kuhn & Franklin (2006)、Kuhn (2002) よりもより広い課題範囲、より広い視点からみた説明レベルの差異をそれによって一貫して説明しているものと考えられる。このようなことから考えると、Kuhn & Franklin (2006)、Kuhn (2002) によって示された「探究」「分析」「推論」のプロセスの生成およびそれに影響を与える手続的な面でのメタレベル的な理解に関して、組合せ操作と命題操作との関係から改めて捉えなおす可能性が認められる。

ただし、Kuhn & Franklin (2006)、Kuhn (2002) では、手続的な面でのメタレベル的理解だけではなく、認識論的なレベルでの理解も扱っている。その点には注意が必要である。

4. 今後の研究に向けて

ここまでの検討で、Kuhn & Franklin (2006)、Kuhn (2002) で示された「科学的思考」の枠組みに

ついて、Inhelder & Piaget (1958) の記述の詳細を吟味することにより、捉えなおす可能性を探ってきた。それでは、上述のような検討を基盤にして今後具体的な課題はどのようなものがあげられるだろうか。

まず、上記で示したような組合せ操作・命題操作と仮説演繹的思考の成立に関する Inhelder & Piaget (1958) の理論的な考察が実証的な実験的研究により裏付けられるかどうかの検討である。Inhelder & Piaget (1958) においては、比較的自由な場面設定で対象者の発言を集めており、実際の対象者の発言を元に、組合せ操作的な考え方や命題操作的な考え方が明示された部分を元に考察を行っているが、より体系的な実験的研究において検討を行う必要がある。

たとえば Roberge & Flexer (1980), Demetriou et al. (1993) などのように実際に命題操作あるいは組合せ操作との関係が検討されている事例もあるが、これまで述べてきたように、組合せ操作を扱う場合、少なくとも「全体構造」としての理解というよりも方略や組合せが網羅的に作成できるかどうかにより検討されることが多かった。組合せの全体構造の心的把握の点から発達段階を考察し、仮説演繹的思考の発達レベルと関連づけた上で課題を実施し、関連づけを量的分析により検討する必要がある。また、命題操作を扱う場合も、比較的単純なものが扱われることが多く、Inhelder & Piaget (1958) のように簡易なものから命題操作間の複雑な関係に至るものまで総合的に検討しているとはいえない。これまでの検討よりも詳細なレベルでの検討が必要であるといえる。

さらに、前述の問題と密接に関係するものであるが、形式的操作の成立の基準に関する問題があげられる。一般的に、仮説演繹的思考の成立により特徴づけられる形式的操作の段階は、普遍的に達成されるわけではないとされているが、一定の年齢以降で、形式的操作の思考を要するような課題を繰り返し与えることにより進歩が見られるという結果から、形式的操作の欠如は、その裏付けとなる推論能力の欠如を意味するのではなく、問題様式の認知的処理の困難さによるものである可能性を考察している研究もある (Kuhn et al. 1979)。ただし Kuhn et al. (1979) では変数を分離する課題と組合せ課題（方略的な面からみたもの）の達成が形式的操作成立の基準のように扱われており、その基準が Inhelder & Piaget (1958) の概念と一致するものであるかに関しては疑問を挟む余地がある。他にも例えば Hubbs-Tait (1986) のように複数の要因が結果に与える影響関係を考察する課題において、最初から絵などにより複数の要因とその要因によって引き起こされる結果のセット（比較的要因間の関係も単純なもの）を示し、ある要因が結果に影響を与えているかどうかを回答したり、特定の要因のセットで見られる結果を予測したりすることなどが課題の達成とされる研究もある。このような種類の研究では Inhelder & Piaget (1958) のように（実験者の助けがある場合もあるが）実験的場面で関連があると思われる要因を自ら探さなければならず、ある要因により特定の結果が出現していたとしても、他のありうる要因を検証したり、逆にある要因が影響を与えていることがありえないということを検証する過程が十分に分析できず、Inhelder & Piaget (1958) が考えた形式的操作的な推論のプロセスが十分に把握できないと考えられる。これまで論じてきたように、特定の要因の存在と結果のセットが事実として示され、そこからある要因が結果に影響を与えていると考えるのみで

あれば、Inhelder & Piaget (1958) に従えば具体的操作期であっても可能な場合もあると考えられる。Inhelder & Piaget (1958) による形式的操作の推論のプロセスでは、複数の要因が結果に与える影響関係を考える場合、要因間の関係性の「可能性」としての全体構造の想定があり、それに基づいて仮説を設定して仮説を検証するのである。このような Inhelder & Piaget (1958) による形式的操作の成立の基準を把握した上で、その特徴を明確に把握できるような形で検討を行う必要がある。そして課題の繰り返しなどにより進歩が生じたという場合、進歩しているものが方略の面のみであるのか、それとも思考の様式そのものに変化が生じたのかを明確にする必要がある。

ここまで検討してきたように、仮説演繹的思考の成立は組合せ操作を中心として複数の操作の発達を前提としている。特に組合せ操作との関連については、これまで Inhelder & Piaget (1958) によって示された発達段階が必ずしも適切に検討されてきたとは言えない。Inhelder & Piaget (1958) の記述を再検討することにより、より新しい理論体系を Inhelder & Piaget (1958) の観点から見直し新たな知見に結びつける可能性について検討する必要があるだろう。

【参考文献】

- Dimant, R. J., & Bearison, D. J. (1991). Development of formal reasoning during successive peer interactions. *Developmental Psychology*, 27, 277-284.
- Demetriou, A., Efklides, A., Papadaki, M., Papantoniou, G., & Economou, A. (1993). Structure and development of causal-experimental thought: From early adolescence to youth. *Developmental Psychology*, 29, 480-497.
- Forman, E. A. & Cazden, C. B. (1985). Exploring Vygotskian perspectives in education: the cognitive value of peer interaction. In Wertsch, J.V. (Ed.) *Culture, communication, and cognition: Vygotskian perspectives*, Cambridge: Cambridge University Press, pp. 323-347.
- Hubbs-Tait, L. (1986). The development of functionally similar and dissimilar operations of exclusion. *Child Development*, 57, 934-941.
- Inhelder, B., & Piaget, J. (1958). *The growth of logical thinking from childhood to adolescence*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Kuhn, D. (2002). What is scientific thinking and how it develop? In U. Goswami (Ed.), *Blackwell handbook of childhood cognitive development*. Malden, Mass: Blackwell.
- Kuhn, D. (2007). Reasoning about multiple variables: Control of variables is not the only challenge. *Science Education*, 91, 710-726.
- Kuhn, D., Black, J., Keselman, A., Kaplan, D. (2000). The development of cognitive skills to support inquiry learning. *Cognition and Instruction*, 18, 495-523.
- Kuhn, D., & Dean, D. (2005). Is developing scientific thinking all about learning to control variables? *Psychological Science*, 16, 866-870.
- Kuhn, D., & Franklin, S. (2006). The second decade: What develops (and how)? In W. Damon & R. Lerner (Series Eds.), D. Kuhn & R. Siegler (Vol. Eds.), *Handbook of child psychology: Vol. II: Cognition, perception, and language (6th ed.)*. Hoboken, NJ: Wiley.
- Kuhn, D., Ho, V., & Adams K. (1979). Formal reasoning among pre- and late adolescents. *Child Development*, 50, 1128-1135.
- 中垣啓 (1979). 組合せ操作の発達の研究 教育心理学研究 27, 94-103.
- Newman, D., Griffin, P., & Cole, M. (1989). *The construction zone: working for cognitive change in school*. Cambridge:

Cambridge University Press.

Roberge, J. J. & Flexer, B. K. (1980). Control of variables and propositional reasoning in early adolescence. *The Journal of General Psychology*. 103, 3-12.